杜仲叶对绵羊营养物质消化利用、生长性能及屠宰性能的影响

杨改青[1] 王林枫[2*] 廉红霞[2] 杜营辉[3] 曹玉良[4] 郭文娟[5] 胡 昌[5] 赵志伟[6] 代童童[2] 李 明[2]

（1.河南农业大学现代试验技术与管理中心，郑州 450002；2.河南农业大学牧医工程学院，农业部动物生化与营养重点实验室，郑州 450002；3.洛阳市龙须坡农牧有限公司，汝阳 471200；4.河南省汝阳县农牧局，汝阳 471200；5.济源市动物卫生监督所，济源 459000；6.平顶山市畜牧局，平顶山 467000）

摘 要：杜仲叶是优质的粗饲料兼具药物活性物质，本试验旨在研究杜仲叶对绵羊营养物质消化利用、生长性能及屠宰性能的影响。选择 30 只体质健康、年龄和体重相近的绵羊（湖羊），随机分为 3 组，每组 10 只羊，分别为对照组（饲喂无杜仲叶的基础饲粮，CTL 组）、低水平杜仲叶组（饲粮中含 10%的杜仲叶，EUL1 组）和高水平杜仲叶组（饲粮中含 20%的杜仲叶，EUL2 组），进行饲养试验和消化代谢试验。结果表明，饲粮中添加不同水平的杜仲叶对绵羊的末重、增重、采食量、日增重有显著影响（P<0.05），对能量和氮的消化率、沉积率等有显著影响（P<0.05），对钙、磷的消化率和沉积率等无显著影响（P>0.05），对屠宰率和胴体净肉率有显著影响（P<0.05），对胴体重、净肉重、骨重、骨肉比无显著影响（P>0.05）。由此可见，杜仲叶对绵羊营养物质消化率、利用率及生长性能和屠宰性能等有明显的影响，影响程度与杜仲叶的用量有关。

关键词：杜仲叶；能量；氮；消化率；利用率；生长性能；屠宰性能

中图分类号：S826

杜仲（*Eucommia ulmoides*）是名贵的药用树种，皮入药，其味甘，性温，具有补益肝肾、强筋壮骨等多方面的功效。现代研究发现，杜仲含 70 多种化学成分，除了普通的营养成分（氨基酸、有机酸、多糖、磷脂、维生素、微量元素）外，还有许多特殊的功能成分（如木脂素类、环烯醚萜类、酚类、甾醇、黄酮、多糖等），这些成分具有多方面的功能[1]。据报道，杜仲具有兴奋中枢神经、加强体细胞物质代谢、防止肌肉骨骼老化、分解体内胆固醇、降低体内脂肪、平衡血压、清除体内垃圾、恢复血管弹性、清热利尿、广谱抗菌、增强免疫

收稿日期：2016-10-09

基金项目：河南省科技厅科技惠民计划项目：信息化技术在杜仲羊生产中的应用（162207110009）

作者简介：杨改青（1971—），女，河南汝阳人，实验员，硕士，研究方向为营养生理。E-mail: ygqw2009@126.com

*通信作者：王林枫，副教授，硕士生导师，E-mail: wanglf1968@126.com

力等多方面的功能[2-3]。杜仲叶与杜仲皮有相似的化学成分和药理作用，且其产量大、成本低、易收获，可作为动物的饲料[4-5]。杜仲叶不仅可以改善饲料的适口性，提高动物的免疫力，改善动物的健康状况，其特殊的药物成分还可调节机体的代谢，影响动物的生长、生产性能和产品质量，对开发饲料资源、提高养殖的效益有重要意义。大量研究报道，将杜仲叶饲料或添加剂添加到动物饲粮中，不仅能够促进动物（牛、羊、猪、鸡、鱼等）的生长，增加日增重，降低料重比，还可改变肌肉的组成成分，降低脂肪含量，增加肌肉中氨基酸和蛋白质的含量，改善肉品风味，提高肉品质[6-10]。此外，杜仲叶还可增强动物健康状况，提高免疫器官指数、T 淋巴细胞比例和血清免疫球蛋白水平，降低奶牛乳房炎的发生[10-12]，但是有关其对饲料利用率及羊生产性能方面的影响报道较少。本文从绵羊营养物质的消化率、利用率和生长性能入手，通过探讨杜仲叶对绵羊各种营养物质的利用率及生长性能、屠宰性能的影响，阐明杜仲叶的作用和利用价值，为进一步开发杜仲叶饲料资源提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 杜仲叶来源

杜仲叶来自河南省汝阳县杜仲种植基地，秋季采集、晒干后，打包贮存备用。

1.2 动物选择及试验分组

选择 5 月龄、体重（28~34） kg左右、健康状况良好的湖羊 30 只，采用单因素完全随机分组设计（饲粮为试验因素），随机分为 3 组，分别为对照组（饲喂普通的无杜仲叶饲粮，CTL 组）、低水平杜仲叶组（饲喂含 10%杜仲叶的饲粮，EUL1 组）、高水平杜仲叶组（饲喂含 20%杜仲叶的饲粮，EUL2 组），每组 10 只羊。

1.3 饲养管理

试验前对羊舍进行全面消毒，试验羊在驱虫、防疫后分栏饲养。预试期 15 d，正式试验期 90 d。参照 NRC（2007）[13]羊饲养标准设计饲粮配方（表 1），各种饲料原料经搅拌机加工成全混合日粮（TMR）。饲粮按羊体重的 3.5%给料（剩料控制在 10%以内），分别于每天 07:00 和 16:30 饲喂，试验羊自由采食，自由饮水，自由活动。每次喂饲前清理料槽，收集剩料，称重，记录。每天上、下午 2 次打扫圈舍卫生，每周用 0.5%过氧乙酸环境消毒 1～2 次，保持圈舍卫生。

表 1　试验饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　　%

项目 Items	对照组 CTL group	低水平杜仲叶组 EUL1 group	高水平杜仲叶组 EUL2 group
原料 Ingredients			
玉米黄贮 Corn silage	21.60	21.20	18.00
花生秧 Peanut seedling	28.00	22.00	17.00

杜仲叶 *Eucommia ulmoides* leaves		10.00	20.00
玉米 Corn	30.24	28.08	27.00
豆粕 Soybean meal	11.09	10.30	9.90
小麦麸 Wheat bran	8.57	7.96	7.65
预混料 Premix[1)]	0.15	0.14	0.14
食盐 NaCl	0.10	0.09	0.09
小苏打 Sodium bicarbonate	0.10	0.09	0.09
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.15	0.14	0.14
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]			
消化能 Digestive energy/（kJ/kg)	10.68	10.76	10.84
粗蛋白质 Crude protein	13.14	12.85	12.59
粗脂肪 Ether extract	2.72	2.35	2.79
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	45.17	41.24	37.29
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	23.34	20.55	18.16
钙 Calcium	0.69	0.65	0.58
总磷 Total phosphorus	0.48	0.47	0.49

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：Cu 16.0 mg，Fe 60.0 mg，Mn 40.0 mg，Zn 60.0 mg，I 0.80 mg，Se 0.30 mg，Co 0.30 mg，VA 200 000 IU，VD_3 250 000 IU，VE 750 mg。

2) 消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.4 饲粮营养物质消化率测定

采用消化代谢试验（全收粪尿法），在上述饲喂试验的进程中，称重后，在 3 个组中分别挑选体重接近的羊 5 只装入自制的消化代谢笼（专利号 2009203148043）内进行消化代谢试验。其饲粮与原试验组的饲粮相同，饲粮和水分别经料槽和水槽供给，饲粮供给量根据其前期的平均采食量提供，不定时加水，保证其自由饮水。每天观察代谢笼内绵羊的采食、活动和应激情况等。每次饲喂前收集剩料，称重、记录，有异常表现的羊及时更换，待其适应笼养环境后（6～7 d），根据消化代谢试验的规程收集粪尿，其方法是通过特制的集粪盘和集尿槽收集羊排出的全部粪和尿，并于每天的上、下午分别采粪、尿样 1 次。采粪样时，将集粪盘内的全部羊粪收集称重，按 10%（g/g）取小样装入塑料袋，密封，放入-20 ℃冰柜中保存。尿样的采集方法是将流入集尿袋中的全部尿液用量筒测量后，混匀，按 10%（mL/mL）

取小样，装入洁净的塑料瓶中，放入-20 ℃冰柜中冻存。收集 7 d 后，消化代谢试验结束，羊再次称重后离开消化代谢笼，回到栏内饲养。将 7 d 采集的剩料和粪样通过四分法缩减至 1 000 g 左右，带回实验室检测分析。将冻存的尿样融化后混匀，取适量（500 mL 左右）带回实验室分析。

1.4.1 样品处理及检测

取适量（100 g 左右）饲料、剩料和粪样于托盘里，置于 65 ℃烘箱中烘干 48 h，取出回潮 24 h，称重，测定初水分，计算风干基础物质含量。然后将样品粉碎（微型植物粉碎机，FZ102，上海金鹏分析仪器有限公司），过 40 目筛，装于自封袋中。尿样解冻后混匀，取适量分析。检测指标如下。

总能：氧弹式测热法[14]（氧弹式热量计，型号 TYHWW-2000，鹤壁市天宇仪器仪表制造有限公司）。1）饲料、剩料、粪样总能测定方法：精确称取样品 1. 000 0 g 放入坩埚中，将坩埚置测热仪中燃烧检测，具体方法按照说明书进行。2）尿样总能测定方法：取 Φ15 cm 定量滤纸 1/4，称重，放入坩埚中，测定滤纸的发热量（重复 6 次），计算滤纸的平均发热量；取定量滤纸的 1/4，称重，放入坩埚中，精确称取尿样 1.000 0 g，将尿样吸附在坩埚中的滤纸上，在 60 ℃烘箱中烘干，将坩埚连同烘干的滤纸置于测热仪中燃烧检测。

氮含量：凯氏定氮法[15]（SKD-2000 全自动凯氏定氮仪，上海沛欧分析仪器有限公司）。

钙含量：原子吸收分光光度法[15]（WFX-120B 原子吸收分光光度计，北京瑞利分析仪器有限公司）。

磷含量：钼黄比色法[15]（UV-1600 紫外-可见分光光度计，北京瑞利分析仪器有限公司）。

1.4.2 各种营养物质的消化率和沉积率计算

能量的消化率和沉积率：

可消化能(kJ/d)=食入能−粪能；

能量消化率(%)=（可消化能/食入能）×100；

沉积能(kJ/d) =食入能−粪能−尿能；

能量沉积率(%)=（沉积能/食入能）×100。

氮的消化率和沉积率：

可消化氮(g/d)=食入氮−粪氮；

氮的消化率(%)=(可消化氮/食入氮)×100；

沉积氮(g)=食入氮−粪氮−尿氮；

氮沉积率(%)=(沉积氮/食入氮)×100。

钙的消化率和沉积率：

可消化钙(g/d)=食入钙−粪钙；

钙消化率(%)=(可消化钙/食入钙)×100；

沉积钙(g/d)=食入钙−粪钙−尿钙；

钙沉积率(%)=(沉积钙/食入钙)×100。

磷的消化率和沉积率:

可消化磷(g/d)=食入磷-粪磷;

磷消化率(%)=(可消化磷/食入磷)×100;

沉积磷(g/d)=食入磷-粪磷-尿磷;

磷沉积率(%)=(沉积磷/食入磷)×100。

1.5 生长性能测定

选定的试验羊在预试期结束后，连续 3 d 晨饲（07:00）前空腹称重，平均值作为始重，进入正试期。每天记录各组的投料量和剩料量，计算采食量。每隔 15 d 称重 1 次，直至试验结束。计算采食量、日增重及料重比等指标。计算公式如下：

采食量（g/d）=[（投料量（g）-剩料量（g）]/试验天数（d）；

日增重（g/d）=总增重（g）/试验天数（d）；

料重比=采食量（g/d）/日增重（g/d）。

1.6 屠宰性能测定

饲养试验结束后，每组随机抽取 5 只试验羊，禁食 24 h，禁水 12 h，称重后进行屠宰，记录、计算以下指标：

宰前活重：屠宰前的体重。

胴体重：屠宰放血后，剥去毛皮、去头、去全部内脏（保留肾脏及其周围脂肪）、前肢膝关节和后肢趾关节以下的部分后，整个躯体静置 30 min 后的重量。

净肉重：温胴体精细剔除骨头后的净肉重量（骨头上附着的肉量及损耗的肉屑重量不超过 300 g）。

骨肉比：指胴体骨重与胴体净肉重的比值。

屠宰率（%）=(胴体重/宰前活重)×100。

净肉率（%）=(净肉重/宰前活重)×100。

胴体净肉率（%）=(净肉重/胴体重)×100。

1.7 数据统计

所测数据用 Excel 进行初步整理，用 Graphpad Prism 5.0 软件进行统计分析。用单因素方差分析（one-way ANOVA）进行组间差异分析，当组间差异显著时（P<0.05），再用 Turkey 法进行多重比较，以 P<0.05 为显著标准，0.05≤P＜0.10 为有显著差异趋势，统计数据以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.2 杜仲叶对绵羊饲粮营养物质消化利用的影响

由表 2 可以看出，与 CLT 组相比，EUL1 组和 EUL2 组的摄入能显著增加（P＜0.05），且 EUL1 组＞EUL2 组＞CTL 组。粪能 EUL2 组＞EUL1 组＞CTL 组，且 EUL2 组显著大于

EUL1 组和 CTL 组（P<0.05），EUL1 组和 CTL 组之间差异不显著(P>0.05)。可消化能 EUL1 组>EUL2 组>CTL 组，各组之间差异不显著(P>0.05)。能量消化率 EUL2 组显著低于 CTL 组和 EUL1 组(P<0.05)，EUL1 组与 CTL 组之间差异不显著(P>0.05)。EUL2 组尿能显著高于 CTL 组(P<0.05)，EUL1 组与 CTL 组和 EUL2 组之间差异不显著(P>0.05)。沉积能 EUL1 组显著高于 CTL 组、EUL2 组(P<0.05)，EUL2 组和 CTL 组之间差异不显著(P>0.05)。能量沉积率 EUL1 组和 CTL 组显著高于 EUL2 组(P<0.05)，EUL1 组与 CTL 组之间差异不显著(P>0.05)。

摄入氮 EUL1 组、EUL2 组显著高于 CTL 组(P<0.05)，EUL1 组与 EUL2 组之间差异不显著(P>0.05)。粪氮 EUL1 组、EUL2 组显著高于 CTL 组(P<0.05)，EUL2 组显著高于 EUL1 组(P<0.05)。可消化氮 EUL1 组显著高于 CTL 组(P<0.05)，CTL 组显著高于 EUL2 组(P<0.05)。氮消化率 CTL 组和 EUL1 组显著高于 EUL2 组(P<0.05)，CTL 组与 EUL1 组之间差异不显著(P>0.05)。尿氮 3 组之间差异不显著(P>0.05)。氮沉积 EUL1 组显著高于 CTL 组(P<0.05)，CTL 组显著高于 EUL2 组(P<0.05)。氮沉积率 CTL 组和 EUL1 组显著高于 EUL2 组(P<0.05)，CTL 组和 EUL1 组之间差异不显著(P>0.05)。

与 CTL 组相比，EUL1 组和 EUL2 组钙、磷的摄入量、沉积量、沉积率等有升高趋势（0.05≤P<0.10）。

表 2　杜仲叶对绵羊饲粮营养物质消化利用的影响

Table 2　Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on feed nutrients digestion and utilization of sheep

项目 Items		对照组 CTL group	低水平杜仲叶组 EUL1 group	高水平杜仲叶组 EUL2 group	P 值 P-value
能量 Energy	摄入能 Energy intake/[kJ/(头 d)]	17.05±0.35^{a}	20.91±1.03^{b}	19.89±0.82^{b}	0.044
	粪能 Fecal energy/[kJ/(头 d)]	8.44±0.48^{a}	9.45±0.75^{a}	11.14±0.33^{b}	0.043
	可消化能 Digestible energy/[kJ/(头 d)]	8.62±1.21	11.48±1.95	8.73±1.74	0.068
	能量消化率 Energy digestibility/%	50.54±2.52^{a}	54.89±2.13^{a}	43.88±0.65^{b}	0.042
	尿能 Urine energy/[kJ/(头 d)]	0.23±0.02^{a}	0.30±0.05^{ab}	0.47±0.12^{b}	0.046
	沉积能 Energy deposition/[kJ/(头 d)]	8.38±0.44^{a}	11.18±0.61^{b}	8.26±0.28^{ac}	0.032

	能量沉积率 Energy deposition rate/%	49.16±2.57[a]	53.47±2.12[ab]	41.54±0.25[c]	0.039
氮 Nitrogen	摄入氮 Nitrogen intake/[g/(头 d)]	21.22±0.48[a]	25.89±1.14[b]	24.92±0.94[b]	0.036
	粪氮 Fecal nitrogen/[g/(头 d)]	9.38±0.47[a]	11.44±0.50[b]	14.55±0.29[c]	0.038
	可消化氮 Digestible nitrogen/[g/(头 d)]	11.84±0.50[a]	14.45±0.75[b]	10.37±0.68[c]	0.041
	氮消化率 Nitrogen digestibility/%	55.80±1.94[a]	55.77±0.94[a]	41.46±1.14[b]	0.031
	尿氮 Urinary nitrogen/[g/(头 d)]	4.71±0.73	5.79±1.10	5.03±1.16	0.060
	沉积氮 Nitrogen deposition/[g/(头 d)]	7.14±0.55[a]	8.66±1.14[b]	5.34±0.82[c]	0.035
	氮沉积率 Nitrogen retention rate/%	33.67±2.63[a]	33.62±4.31[a]	21.67±3.53[b]	0.043
钙 Calcium	摄入钙 Calcium intake/[g/(头 d)]	6.12±0.28	8.44±1.11	7.77±0.99	0.061
	粪钙 Fecal calcium/[g/(头 d)]	3.93±0.25	5.70±0.88	4.53±0.57	0.067
	可消化钙 Digestible calcium/[g/(头 d)]	2.18±0.24	2.72±0.94	3.25±0.78	0.070
	钙消化率 Calcium digestibility/%	35.86±2.21	32.44±4.11	39.35±6.50	0.068
	尿钙 Urinary calcium/[g/(头 d)]	0.16±0.03	0.17±0.03	0.19±0.07	0.058
	沉积钙 Calcium deposits/[g/(头 d)]	2.02±0.12	2.56±0.48	2.95±0.69	0.064
	钙的沉积率 Calcium deposition rate/%	33.18±1.79	30.13±4.08	36.86±6.49	0.060
磷 Phosphorus	摄入磷 Phosphorus intake/[g/(头 d)]	0.53±0.03	0.50±0.02	0.67±0.11	0.063
	粪磷 Fecal phosphorus/[g/(头 d)]	0.27±0.02	0.24±0.01	0.35±0.07	0.057
	可消化磷 Digestible phosphorus/[g/(头 d)]	0.25±0.02	0.27±0.01	0.32±0.09	0.067
	磷的消化率 Phosphorus digestibility/%	49.26±2.13	52.03±2.08	49.90±3.60	0.064
	尿磷 Urinary phosphorus/[g/(头 d)]	0.06±0.01	0.05±0.01	0.07±0.01	0.055

沉积磷 Phosphorus deposition/[g/(头 d)]	0.20±0.01	0.21±0.01	0.26±0.03	0.057
磷沉积率 Phosphorus deposition rate/%	38.52±1.63	41.08±2.28	39.36±3.70	0.065

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 杜仲叶对绵羊生长性能的影响

由表 3 可以看出，各组绵羊的始重接近，饲喂含杜仲叶的饲粮 3 个月后，EUL1 组、EUL2 组的增重显著高于 CTL 组（*P*＜0.05），分别增加了 36.58%、20.86%，EUL1 组与 EUL2 组之间差异不显著（*P*＞0.05）。EUL1 组、EUL2 组日增重显著高于 CTL 组（*P*＜0.05），EUL2 组与 EUL1 组之间差异不显著（*P*＞0.05）。EUL1 组的采食量显著高于 EUL2 组（*P*＜0.05），EUL2 组显著高于 CTL 组（*P*＜0.05），表明杜仲叶提高了绵羊的采食量。EUL1 组和 EUL2 组的料重比与 CTL 组相比有降低趋势（0.05≤*P*＜0.10），EUL1 组和 EUL2 组之间差异不显著(*P*＞0.05)，表明添加一定水平的杜仲叶可提高绵羊的饲料报酬。

表 3　杜仲叶对绵羊生长性能的影响

Table 3　Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on growth performance of sheep

项目 Items	对照组 CTL group	低水平杜仲叶组 EUL1 group	高水平杜仲叶组 EUL2 group	*P* 值 *P*-value
始重 Initial weight/kg	28.42±1.35	28.92±1.39	28.49±1.66	0.060
末重 Final weight/kg	39.10±1.58[a]	43.50±1.48[b]	41.40±1.98[b]	0.045
增重 Body weight gain/kg	10.69±1.15[a]	14.60±1.45[b]	12.92±1.74[b]	0.043
日增重 Daily gain/(g/d)	118.70±6.86[a]	156.50±12.58[b]	143.50±8.67[b]	0.033
采食量 Feed intake/(g/d)	1 023.32±15.45[a]	1 178.46±22.80[c]	1 097.61±19.82[b]	0.042
料重比 Feed to gain ratio	8.90±0.56	7.99±0.67	7.88±0.44	0.060

2.3 杜仲叶对绵羊屠宰性能的影响

由表 4 可以看出，与 CTL 组相比，EUL1 组的宰前活重显著增加（*P*＜0.05），EUL2 组与 CTL 组之间差异不显著(*P*＞0.05)；EUL1 组和 EUL2 组的屠宰率显著降低(*P*＜0.05)，骨重、骨肉比有升高的趋势(0.05≤*P*＜0.10)。各组之间胴体重、净肉重差异不显著(*P*＞0.05)；

EUL1 组胴体净肉率较 CTL 组升高(P＞0.05)，EUL2 组较 CTL 组显著降低(P＜0.05)。

表 4　杜仲叶对绵羊屠宰性能的影响

Table 4　Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on slaughtering performance of sheep

项目 Items	对照组 CTL group	低水平杜仲叶组 EUL1 group	高水平杜仲叶组 EUL2 group	*P* 值 *P*-value
宰前活重 Live weight before slaughter/kg	38.51±1.48[a]	42.62±1.73[b]	40.65±2.58[a]	0.050
胴体重 Carcass weight/kg	19.67±0.63	19.43±0.54	19.35±1.66	0.053
屠宰率 Dressing percentage/%	49.53±1.33[a]	45.59±1.93[b]	46.19±1.29[b]	0.044
净肉重 Meat weight/kg	15.82±0.53	15.95±0.39	15.35±1.56	0.081
骨重 Bone weight/kg	3.68±0.14	3.88±0.27	3.86±0.11	0.054
骨肉比 Meat to bone ratio/%	23.03±0.79	24.72±2.08	25.81±2.29	0.056
胴体净肉率 Percentage of carcass net muscle/%	80.89±0.46[a]	82.09±0.78[a]	79.59±1.42[b]	0.046

3 讨　论

3.1 杜仲叶对饲粮能量消化利用的影响

反刍动物能量的主要来源是葡萄糖和挥发性脂肪酸(VFA)，如乙酸、丙酸、丁酸等，其中VFA所提供的能量占消化能的70%～80%[16]。VFA主要来源于饲粮中纤维、半纤维、淀粉等可溶性碳水化合物的发酵，其产量和组成与饲料的种类和组成有密切关系。当饲粮中中性洗涤纤维（NDF）水平较高时，乙酸/丙酸比值较高，其能量利用率较低，反之利用率较高[17]。本试验中，随着杜仲叶水平的添加，EUL1组和EUL2组饲粮中的NDF水平逐渐降低，推测其乙酸/丙酸比值降低，能量消化率升高。但实际上，在杜仲叶的可溶性碳水化合物中有相当一部分为特殊的药物成分（如木质素类、苯丙素类、环烯醚萜类、多糖类等）[2]，影响了能量的消化和利用，这可能是EUL2组能量消化率和沉积率降低的原因之一。

粪能排出是饲粮能量中损失的最大部分，粪能约占饲粮摄入总能的1/3[18]，与饲料原料组成及特性有很大关系，采食低质粗饲料时粪能约占总能的60%[19]。许贵善等[20]报道，摄入总能的增加会造成粪能排出量的相应增加。本试验中，杜仲叶添加组总能的摄入量增加，排出的粪能也相应增加，EUL2组显著高于EUL1组和CTL组，表明适量的药物成分可提高能量的利用率，过高的药物成分则降低了能量的消化和利用。

杜仲叶中某些药物成分（如桃叶珊瑚苷等）不仅影响能量的消化和利用，还有利尿作用。

尿能的来源主要为尿中含氮有机物，如尿素、尿酸中的能量，与饲粮结构、代谢状况，尤其是饲粮蛋白质水平、氨基酸平衡状况等有关。本试验中，杜仲叶添加组绵羊尿能的排出量升高，EUL2组＞EUL1组＞CTL组，说明杜仲叶中的药物成分增强了机体氮的代谢，增加了尿氮和尿能的排出。

综合摄入能、粪能、尿能等方面的因素，EUL1组能量的沉积量显著高于EUL2组和CTL组，其能量消化率、沉积率也最高，而EUL2组能量的沉积率则明显的降低，甚至低于CTL组，表明高水平的杜仲叶及其药物成分过量增强了机体的能量分解代谢，减少了能量的沉积，具体机制有待进一步研究。

3.2 杜仲叶对饲粮氮消化利用的影响

氮是组成机体蛋白质的重要成分，氮的消化和代谢与机体健康状况、饲粮蛋白质水平、氨基酸组成及平衡状况等因素有关。饲粮氮的摄入量对机体氮代谢有显著影响，氮摄入量低，其消化利用率高，相反，其消化利用率低。王建华等[21]研究报道，若动物食入氮超过正常的生理需求，多余的氮会以粪氮、尿氮和乳氮的形式排出。饲粮中未消化吸收的氮以粪氮的形式排出体外，此外，粪氮也有相当一部分是内源氮[22]。尿氮排出量增加有 2 种原因，一是限制性氨基酸供应量不足影响其他氨基酸的利用，没有利用的氮从尿中排出；二是由于饲粮中氨基酸超过了需求量，通过糖异生或能量代谢把多余的氨基酸转化利用了[21]。在本试验结果中，随着 EUL1 组和 EUL2 组摄入氮的增加，粪氮、尿氮和可消化氮的量也随之增加，机体氮代谢仍处于正平衡状态，但 EUL2 组氮消化率和氮沉积率已较 EUL1 组显著降低（2 组仍高于 CTL 组），说明杜仲叶的添加水平影响了氮的代谢，同时也说明粗饲料中杜仲叶的添加水平存在一个适宜比例，超过该比例后，蛋白质的有效消化与吸收率会降低，从而使粪氮排出增加。在组织细胞内，杜仲叶中特殊的药物成分（木脂素类、环烯醚萜类等）可促进含氮物质（蛋白质和氨基酸）的周转和代谢，增加尿氮的排出，因而，降低了机体内氮的沉积。适宜的杜仲叶添加水平与动物的采食量、种群和个体差异有关，具体原因有待进一步深入研究。

3.3 杜仲叶对绵羊生长性能和屠宰性能的影响

杜仲叶营养成分丰富，含有多种矿物质、丰富的微量元素、氨基酸和种类繁多的药物成分及特殊功效的活性成分，既可补充营养物质，又可改善机体健康的状况。研究表明，各种饲料成分在混合饲粮中可相互作用，产生不同的组合效应，在不同程度上影响动物的生长性能[23]。饲粮养分的消化率反映的是它们在混合饲粮中相互作用而产生的组合效应，而不是单一组分的消化率[24]。正组合效应可提高饲粮的总体利用率和采食量，提高动物的生长性

能，负组合效应则引起饲粮的总体消化率和采食量降低，动物的生长性能下降。本试验中，EUL1 组和 EUL2 组的采食量分别比对照组增加了 15.16%和 7.26%，日增重分别比对照组增加了 31.84%和 20.89%。EUL1 组饲粮中能量和氮的消化率、沉积率增加，而 EUL2 组氮的消化率、沉积率减少，说明随着杜仲叶的增加和饲粮成分的改变，影响氮利用的各种成分之间的正组合效应逐渐减低。此外，这可能与杜仲叶中的不饱和脂肪酸（亚油酸、亚麻酸等）、黄酮类化合物抑制脂肪的合成有关[25]。

本研究结果表明，适宜水平的杜仲叶可提高绵羊的采食量，EUL1 组的采食量显著高于 CTL 组和 EUL2 组，说明 10%的杜仲叶添加水平较为适宜，不仅改善饲粮的适口性，而且还可以提高日增重和降低料重比，提高羊的生长速度。不同的动物，杜仲叶的作用效果不一。马驰骋等[26]在研究杜仲叶对猪的生长性能影响时发现，随着杜仲叶添加水平的增加，猪的采食量和日增重均显著降低；王纪亭等[27]研究发现，鸡饲粮中添加杜仲叶后日采食量和日增重无显著变化，以上结果说明杜仲叶更加适合羊等草食动物。

影响羊的屠宰性能的因素较多，饲喂方式、日龄、宰前活重、膘情等均为影响动物屠宰性能的因素。绵羊的日龄和宰前活重的增加对其屠宰率有明显的影响[28]。绵羊在生长阶段的生长速度在一定程度上影响了宰前活重，进而影响了屠宰率和净肉率；内脏器官的重量是影响屠宰率的另一原因[29-30]，内脏器官重量大的，屠宰率相对较低。本试验中，宰前活重较大的 EUL1 组绵羊的屠宰率较其他 2 组低，一方面的原因是添加 10%的杜仲叶提高了绵羊的采食量，肠胃内容物较多；另一个方面的原因可能与腹脂的减少有关[32]。欧爱明等[32]研究表明，肉鸡饲粮中添加杜仲叶粉后，鸡肉的腹脂率显著减低；郑国栋等[33]的研究发现，小鼠饲喂杜仲叶粉后，血液甘油三酯含量降低，肝脏脂肪酸合成酶（*FAS*）等表达上调，脂肪氧化相关酶，如肉毒碱转移酶（*CAT*），酰基辅酶 A 氧化酶（*ACO*）等表达下调，腹内脂肪含量减少。此外，骨肉比也是影响屠宰率的一个原因。Hopkins 等[34]研究认为，绵羊发育充分与否对肉骨比有显著影响，Santos-Silva 等[35]研究也表明，胴体重与骨肉比呈正相关。屠宰率、骨肉比、胴体净肉率是衡量屠宰性能的主要指标，本试验中，EUL1 组和 EUL2 组羊的屠宰率显著降低，骨肉比有升高趋势，这与杜仲叶中的环烯醚萜类化合物促进骨骼生长的功能有关[31]。杜仲叶对屠宰率的影响与动物种类有关，在肉鸡饲粮中添加 0.5%～2.0%的杜仲叶粉改善了肉鸡的胴体品质，对屠宰率没有显著影响[32]。本试验中，杜仲叶对胴体净肉率的影响与其添加水平有关，EUL1 组胴体净肉率增加，EUL2 组胴体净肉率显著降低，屠宰性能与杜仲叶添加水平的关系有待进一步研究。尽管杜仲叶组屠宰率降低，但由于其宰前活重较高，因此，各组净肉重差异不大。

4 结 论

① 杜仲叶对饲粮营养物质消化利用的影响与其添加水平有关，低水平（10%）可提高能量和氮的利用率，高水平（20%）降低能量和氮的利用率，但对钙、磷的利用率影响不大。

②杜仲叶在一定程度上增加了绵羊的采食量，提高日增重和宰前活重。

③杜仲叶对屠宰性能有不同程度地影响，对屠宰率有降低作用，对胴体净肉率的影响与剂量有关。

参考文献:

[1] 辛晓明,冯蕾,王浩,等.杜仲的化学成分及药理活性研究进展[J].医学综述,2007,13(19):1507–1509.

[2] 管淑玉,苏薇薇.杜仲化学成分与药理研究进展[J].中药材,2003,26(2):124–129.

[3] 程光丽.杜仲有效成分分析及药理学研究进展[J].中成药,2006,28(5):723–725.

[4] 龚桂珍,宫本红,张学俊,等.杜仲叶和杜仲皮中化学成分的比较[J].西南大学学报:自然科学版,2010,32(7):167–172.

[5] 黄姝琴,李周权,徐峰,等.杜仲叶在动物营养中的应用[J].四川畜牧兽医,2010,37(3):33–35.

[6] 曹国文.中药杜仲叶饲料添加剂的开发与应用[J].畜禽业,2004(7):26–27.

[7] 曾代勤,曹国文,戴荣国,等.中草药饲料添加剂饲喂生长猪的效果研究[J].黑龙江畜牧兽医,2003(6):11–12.

[8] 王建辉,贺建华,易宣,等.杜仲提取物对猪胴体品质及肌肉氨基酸含量的影响[J].动物营养学报,2007,19(3):269–276.

[9] 周岩,杨刚.杜仲叶粉对蛋鸡血清生化指标和蛋黄胆固醇含量的影响[J].湖北畜牧兽医,2005(2):52–53.

[10] 陈玉敏,黄涛,宋小珍,等.饲粮中添加杜仲叶提取物对爱拔益加肉鸡生长性能及免疫功能的影响[J].动物营养学报,2015,27(7):2224–2230.

[11] 罗庆华,卢向阳,李文芳.杜仲叶粉对鲤鱼肌肉品质的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2002,28(3):224–226.

[12] 孙玉丽,杜云,黄文明,等.杜仲素对奶牛生产性能和免疫机能的影响[J].中国奶牛,2012(9):13-16.

[13] Committee on the Nutrient Requirements of Small Ruminants.Nutrient requirements of small

ruminants:sheep,goats,cervids,and new world camelids[M].Washington D.C.:The National Academies Press,2007:235–236.

[14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 213–2008 煤的发热量测定方法[S].北京:中国标准出版社,2009.

[15] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003:49–147.

[16] 韩正康.家畜营养生理学[M].北京:中国农业出版社,1993:4–6.

[17] 王中华,冯仰廉,朱连德,等.瘤胃乙酸、丙酸比例对绵羊体内氧化代谢和血浆胰岛素水平动态变化的影响[J].动物营养学报,2000,12(1):48–52.

[18] 王新谋.家畜粪便学[M].上海:上海交通大学出版社,1997:60–64.

[19] 杨凤.动物营养学[M].2版.北京:中国农业出版社,2006:45–46.

[20] 许贵善,刁其玉,纪守坤,等.不同饲喂水平对肉用绵羊能量与蛋白质消化代谢的影响[J].中国畜牧杂志,2012,48(17):40–44.

[21] 王建华,戈新,张宝珣,等.不同能量蛋白水平日粮对崂山奶山羊消化代谢的影响[J].中国饲料,2011(1):5–7.

[22] 卢德勋.系统动物营养学导论[M].北京:中国农业出版社,2004:37–45.

[23] 卢德勋.发展反刍动物绿色营养技术[J].动物营养学报,1999,11(增刊):1–16.

[24] 张吉鹍,邹庆华,李龙瑞.饲料间的组合效应及其在粗饲料科学搭配上的应用[J].饲料广角,2003(21):26–30.

[25] MARTINS S V,LOPES P A,ALVES S P,et al.Dietary CLA combined with palm oil or ovine fat differentially influences fatty acid deposition in tissues of obese Zucker rats[J].Lipids,2012,47(1):47–58.

[26] 马驰骋,魏天盛.添加杜仲叶对生长、肥育猪生长性能、血液及肉品质特性的影响[J].中国饲料添加剂,2009(11):42–45.

[27] 王纪亭,雷建军,李芳,等.杜仲叶对肉鸡生产性能影响的研究[J].山东畜牧兽医,2000(5):10–11.

[28] CAM M A,OLFAZ M,SOYDAN E.Body measurements reflect body weights and carcass yields in Karayaka sheep[J].Asian Journal of Animal and Veterinary Advances,2010,5(2):120–127.

[29] 许贵善,刁其玉,纪守坤,等.不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的影响[J].动物营养学报,2012,24(5):953–960.

[30] GALL C F.Carcass composition [Kids,goat meat][C]//Proceedings of the third international conference on goat production and disease.Tucson:Dairy Goat Journal Publication,1982:472–487.

[31] 马博,张媛,张达义,等.杜仲的化学成分及其药理作用研究进展[J].西部中医药,2013,26(12):153–159.

[32] 欧爱明,卢成英,李玉兰,等.杜仲叶.粉对肉鸡生产性能及血液生化指标的影响[J].湖南环境生物职业技术学院学报,2004,10(1):33–35.

[33] 郑国栋,潘永芳,黎冬明,等.杜仲叶对小鼠肝脏脂肪代谢酶活性的影响[J].中国食品学报,2014,14(11):22–26.

[34] HOPKINS D L,FOGARTY N M,MENZIES D J.Differences in composition,muscularity,muscle:bone ratio and cut dimensions between six lamb genotypes[J].Meat Science,1997,45(4):439–450.

[35] SANTOS-SILVA J,MENDES I A,BESSA R J B.The effect of genotype,feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs:1.Growth,carcass composition and meat quality[J].Livestock Production Science,2002,76(1/2):17–25.

Effects of *Eucommia Ulmoides* Leaves on Nutrients Digestion and Utilization, Growth Performance and Slaughtering Performance of Sheep

YANG Gaiqing[1] WANG Linfeng[2*] LIAN Hongxia[2] DU Yinghui[3] CAO Yuliang[4] GUO Wenjuan[5] HU Chang[5] ZHAO Zhiwei[6] DAI Tongtong[2] LI Ming[2]

（1. *Modern Experimental Techniques and Managing Centre of Henan Agricultural University, Zhengzhou* 450002, *China;* 2. *Key Laboratory of Animal Biochemistry and Nutrition, Ministry of Agriculture, College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou* 450002, *China;* 3. *Luoyang Long Xu Po Agriculture and Livestock Co., Ltd,. Ruyang* 471200, *China;* 4. *Ruyang Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Ruyang* 471200, *China;* 5. *Institute of Jiyuan Animal Health Supervision, Jiyuan* 459000, *China*; 6. *Pingdingshan Animal*

*Corresponding author, associate professor, E-mail: wanglf1968@126.com （责任编辑 武海龙）

Husbandry Bureau, Pingdingshan 467000, *China*）

Abstract: *Eucommia ulmoides* leaf was a kind of high quality roughage that has many active nutrients. This experiment was conducted to study the effects of *Eucommia ulmoides* leaves on nutrients digestion and utilization, growth performance and slaughtering performance of sheep. Thirty healthy lambs (*Hu* sheep) with the similar age and weight were randomly divided into three groups with ten lambs per group, which named control group (normal ration, without *Eucommia ulmoides* leaves, CTL group), low level of *Eucommia ulmoides* leaves group (ration with *Eucommia ulmoides* leaves instead of 10% of roughage, EUL1 group) and high level of *Eucommia ulmoides* leaves group (ration with *Eucommia ulmoides* leaves instead of 20% of roughage, EUL2 group) for the feeding experiment and metabolism experiment. The results showed that dietary supplemented with different levels of *Eucommia ulmoides* leaves had significant effects on final weight, body weight gain, feed intake and daily gain of sheep (P<0.05), also had significant effects on the digestibility and deposition rate of energy and nitrogen (P<0.05), but had no significant effects on the digestibility and deposition rate of calcium and phosphorus (P>0.05), had significant effects on the dressing percentage and percentage of carcass net muscle (P<0.05), but had no significant effects on the carcass weight, meat weight, bone weight and meat to bone ratio (P>0.05). In conclusion**, t**he *Eucommia ulmoides* leaves greatly affect the ratio of feeds digestion and utilization as well as growth and slaughter performance in sheep, the improvement degree is related to the level of *Eucommia ulmoides* leaves.

Key words: *Eucommia ulmoides* leaves; energy; nitrogen; digestibility; utilization rate; growth performance; slaughter performance